

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Beton Bertulang**

Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan sesuai yang disyaratkan, dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama – sama dalam menahan gaya yang bekerja (Mulyono, 2004).

##### **2.1.1. Kelebihan dan Kekurangan Beton Bertulang**

Kelebihan beton bertulang antara lain :

- a. Beton memiliki kuat tekan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bahan lain.
- b. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air.
- c. Struktur beton bertulang sangat kokoh.
- d. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
- e. Dibandingkan dengan bahan lain, beton memiliki usia layan yang sangat panjang.
- f. Mudah dicetak.

Selain mempunyai kelebihan beton bertulang juga mempunyai kekurangan,yaitu:

- a. Beton mempunyai kuat tarik yang sangat rendah (sekitar 10% dari kekuatan tekan), sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik.
- b. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap di tempatnya sampai beton tersebut mengeras.
- c. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat.
- d. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi-campuran dan pengadukannya.

### 2.1.2. Material Penyusun Beton Bertulang

Beton bertulang tersusun dari beberapa material, yaitu:

- Agregat Halus. Berupa pasir alam atau pasir buatan.
- Agregat Kasar. Berupa kerikil alam atau berupa batu pecah (*split, cipping*).
- Semen. Berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan agregat dalam pembuatan beton.
- Air. Diperlukan untuk pembuatan adukan dan perawatan beton.
- Besi beton. Biasanya disebut besi tulang beton adalah salah satu material pembentuk beton struktur.

### 2.1.3. Tegangan dan Regangan

Menurut Singer (1995) maka rumus tegangan adalah

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dengan  $P = m.g$

Dimana :

$P$  = beban yang diberikan (ton)

$A$  = luas tampang melintang ( $\text{mm}^2$ )

Sedangkan menurut Singer (1995) rumus regangan adalah sebagai berikut

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(2-2)$$

Dengan  $\Delta L = l - l_0$

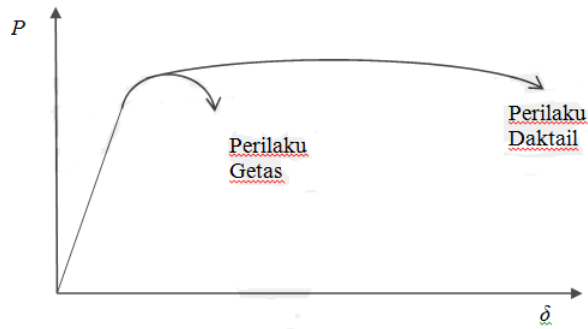
Dimana :

$\Delta L$  = perubahan panjang akibat beban  $P$  (mm)

$L$  = panjang semula (mm)

### 2.1.4. Beban dan Defleksi

Defleksi atau lendutan pada balok terjadi akibat pembebanan. Walaupun telah dicek keamanan terhadap lentur dan geser, balok bisa tidak layak apabila terlalu fleksibel atau lentur. Menurut Park dan Paulay (1975) kurva hubungan beban dan lendutan seperti berikut :



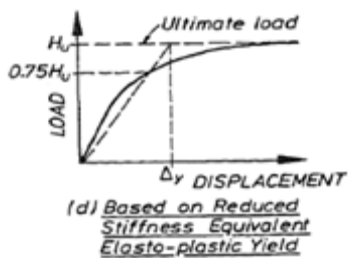
Gambar 2.1 Kurva hubungan beban dan lendutan

Sumber : Park dan Paulay (1975)

### 2.1.5. Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan material mengembangkan regangannya dari pertama kali leleh hingga akhirnya putus. Perpindahan ultimit terjadi saat beban mengalami penurunan sebesar 20%, sedangkan perpindahan leleh dapat diambil dari titik potong beban yang mana beban diambil 75% dari beban ultimate (Park, 1988). Daktilitas simpangan adalah rasio antara simpangan  $\Delta u$ , dengan simpangan saat leleh pertama  $\Delta y$ , atau

$$\mu\Delta = \frac{\Delta u}{\Delta y} \dots\dots\dots(2-3)$$



Gambar 2.2 Alternatif Pengambilan Lendutan pada Titik Leleh

Sumber : Park (1988)

### 2.1.6. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah suatu nilai yang digunakan untuk mengetahui nilai kekakuan suatu benda. Modulus Elastisitas dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana :

$E$  = Modulus Elastisitas ( $N/m^2$ )

$\sigma$  = Tegangan ( $N/m^2$ )

$\varepsilon$  = Regangan

### 2.1.7. Kekakuan

Kekakuan (*stiffness*) ialah kemampuan suatu elemen untuk bersifat kaku / tidak elastis. Rumus kekakuan:

$$K = \frac{P}{\Delta} \dots \dots \dots (2-5)$$

Dimana :

$K$  = Kekakuan ( $kN/mm$ )

$P$  = Beban ( $kN$ )

$\Delta$  = Defleksi ( $mm$ )

## 2.2. Kolom Pendek

Kolom pendek adalah elemen yang menerima gaya momen dan gaya aksial tekan dan dikatakan runtuh karena kegagalan materialnya (lelehnya baja atau hancurnya beton).

### 2.2.1. Kolom Pendek dengan Beban Aksial

Tegangan yang terjadi pada kolom terdiri dari tegangan beton dan baja. Rumus kuat tekan kapasitas maksimum untuk kolom sengkang persegi adalah

$$P_n (\max) = 0,85 \cdot f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \dots \dots \dots (2-6)$$

Dimana :

$A_g$  = luas Penampang bruto beton

$A_{st}$  = luas penampang tulang

$f'_c$  = kuat tekan beton

$f_y$  = kuat leleh baja

Untuk analisis batang beton bertulang bambu dengan beban aksial tekan murni (Sri Murni Dewi, 2013) adalah sebagai berikut :

$$P_n (\max) = 0,85 \cdot f'_c (A_g - A_{bambu}) + (A_{bambu} \cdot f_{tkbambu}) \dots \dots \dots (2-7)$$

Dimana :

$A_g$  = luas Penampang bruto beton

$f'_c$  = kuat tekan beton

$A_{bambu}$  = luas penampang bambu

$f_{tk \text{ bambu}}$  = kuat tekan bambu

### 2.3. Tulangan Longitudinal

Tulangan longitudinal menahan beban aksial dan momen lentur pada kolom baik akibat beban gravitasi maupun getaran gempa. Tulangan longitudinal sebaiknya didistribusikan ke semua sisi kolom.

#### 2.3.1. Bahan Tulangan Longitudinal

- Tulangan baja

Penggunaan baja sebagai tulangan adalah hal yang sering dilakukan oleh banyak orang. Tulangan baja yang tersedia di pasaran dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

##### 1. Baja Tulangan Polos (BJTP)

Tulangan Polos biasanya digunakan untuk tulangan geser/begel/sengkang, dan mempunyai tegangan leleh ( $f_y$ ) minimal sebesar 240 MPa (disebut BJTP-24).

##### 2. Baja Tulangan Ulir atau Deform (BJTD)

Tulangan Ulir/deform digunakan untuk tulangan longitudinal atau memanjang, dan mempunyai tegangan leleh ( $f_y$ ) minimal 300 MPa (disebut BJTD-30).

- Tulangan bambu

Bambu mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi, antara 100-400 Mpa, hampir menyamai kekuatan tarik besi tulangan setara dengan  $\frac{1}{2}$  sampai  $\frac{1}{4}$  dari tegangan ultimit besi (Widjaja, 2001). Beberapa kelebihan sebagai tulangan pada beton, yaitu:

- Tulangan bambu jauh lebih murah apabila dibandingkan dengan baja
- Bambu dapat diperoleh dengan mudah
- Pertumbuhannya cepat
- Bambu merupakan bahan konstruksi yang ringan
- Material yang dapat diperbaharui dan memiliki kuat tarik yang tinggi



(a)



(b)

*Gambar 2.3* Macam-macam bahan tulangan: (a) Penulangan besi beton; (b) Penulangan bambu

Sumber: *Google*

### 2.3.2. Fungsi Tulangan Longitudinal

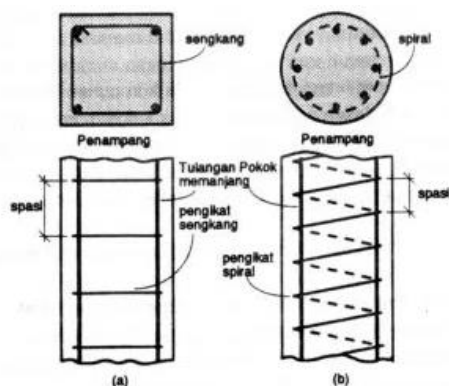
Fungsi tulangan longitudinal yaitu menahan gaya tarik. Oleh karena itu pada struktur selalu diupayakan agar dipasang pada serat-serat beton yang mengalami tegangan tarik.

### 2.4. Tulangan Transversal (Sengkang)

Sewaktu beban vertikal dan momen lentur pada kolom ditahan oleh tulangan longitudinal, gaya gempa lateral ditahan oleh tulangan transversal yang dipasang secara rapat.

#### 2.4.1. Jenis Tulangan Transversal (Sengkang)

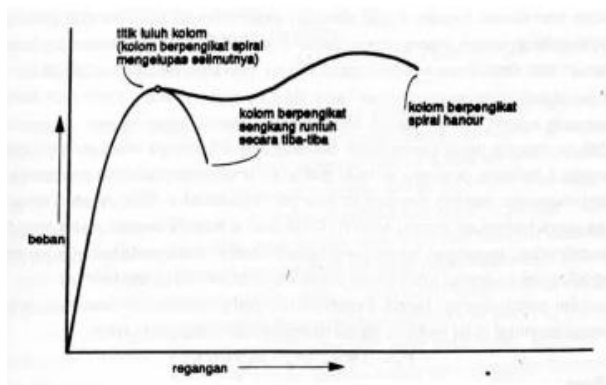
Jenis tulangan transversal (sengkang) menurut bentuknya dibagi menjadi dua, yaitu tulangan sengkang ikat dan spiral.



*Gambar 2. 4* Jenis tulangan sengkang: (a) Penampang dengan sengkang ikat; (b) Penampang dengan sengkang spiral

Sumber: Dipohusodo (1994)

Hasil berbagai eksperimen menunjukkan bahwa kolom berpengikat spiral ternyata lebih tangguh daripada yang menggunakan tulangan sengkang ikat.

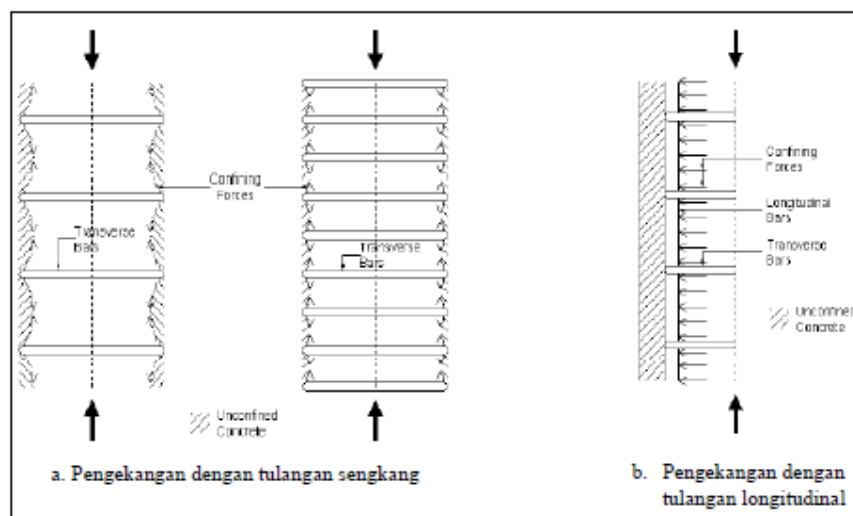


Gambar 2.5 Hubungan beban – regangan pada kolom sengkang ikat dan spiral

Sumber: Nilson (1991)

#### 2.4.2. Pengaruh Jarak Tulangan Transversal (Sengkang)

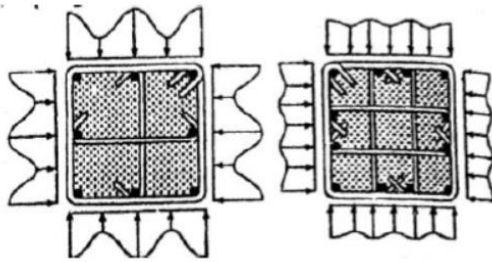
Sengkang pada kolom berpengaruh pada kekuatan penampangnya sehingga akan berkurang bersamaan dengan timbulnya masalah tekuk (*buckling*) yang dihadapi. Semakin pendek jarak sengkang pada kolom semakin besar kekuatan kolom tersebut.



Gambar 2.6 Pengekangan dengan tulangan sengkang dan tulangan longitudinal

Semakin kecil rasio volumetrik maka efek pengekangan akan semakin besar. Untuk memperoleh rasio volumetrik yang semakin kecil dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

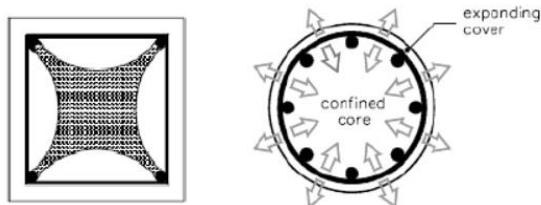
1. Memperbanyak volume sengkang maka dapat menambah nilai tegangan pengekan dalam arah transversal.



Gambar 2.7 Variasi tegangan pengekan akibat jumlah dan susunan tulangan (longitudinal dan transversal)

Sumber : Tavio, 2008

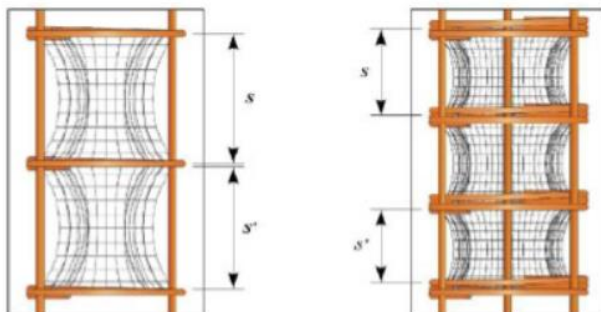
- Memperbesar diameter tulangan, perbandingan antara diameter sengkang terhadap panjang sengkang, karena diameter yang lebih besar menghasilkan pengekan yang lebih efektif. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. 8 Efektivitas pengekan: (a) sengkang persegi; (b) spiral

Sumber: Arry Kurniansyah (2013)

- Memperkecil jarak sengkang, perbandingan jarak/spasi antar sengkang terhadap dimensi penampang inti. Semakin rapat sengkang akan menambah keefektifan pengekan, karena akan semakin banyak volume beton yang tidak terkekang dan mungkin akan rontok (*spalling*).



Gambar 2.9 Jarak antar sengkang mempengaruhi efektivitas pengekan

Sumber : Cusson dan Paultre, 1994



## 2.5. Bambu

Bambu tergolong keluarga *Gramineae* (rumput-rumputan). Di Indonesia ditemukan sekitar 60 jenis bambu. Jenis bambu yang akan dipakai adalah bambu petung.

### 2.5.1. Bambu Petung

Bambu petung mempunyai rumpun agak rapat. Kuat batas dan tegangan ijin bambu dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1.

Rentang frekuensi gelombang mekanik longitudinal

Macam Tegangan	Kuat Batas (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Ijin (kg/cm <sup>2</sup> )
Tarik	981 - 3920	294,2
Lentur	686 - 2940	98,07
Tekan	245 - 981	78,45
E Tarik	98070 - 294200	196,1 x 10 <sup>3</sup>

Sumber: Morisco, 1999

### 2.5.2. Kuat Tekan Bambu Petung

Kekuatan tekan merupakan kekuatan bambu untuk menahan gaya dari luar yang datang pada arah sejajar serat. Berdasarkan penelitian Sidik Mustafa (2010) diketahui kuat tekan bambu seperti berikut ini

Tabel 2.2

Kuat tekan bambu petung

Sifat Mekanika	Umur	Rata-rata (Mpa)
Kuat Tekan	Muda	37,52
	Dewasa	46,59
	Tua	43,13

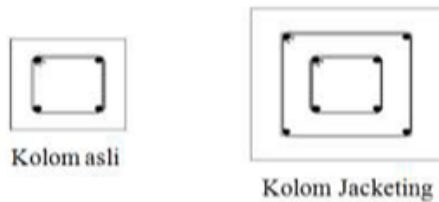
Sumber: M. Sidik (2010)

### 2.5.3. Perlakuan pada Bambu sebagai Tulangan

Tulangan bambu perlu diberi perlakuan khusus berupa pemberian lapisan kedap air dan dilumuri pasir. Sehingga permukaan bambu akan menjadi kasar dan daya lekat bambu terhadap beton menjadi tinggi. Jika bambu tidak diberi perlakuan seperti yang telah dijelaskan maka akan menyerap air beton yang dapat menyebabkan mengembang sehingga menyebabkan retak pada beton.

## 2.6. Sistem Perkuatan *Concrete Jacketing*

Konsep dasar metode ini adalah pembesaran dimensi dengan beton dan penambahan tulangan pada elemen struktur untuk meningkatkan kinerja elemen tersebut.



Gambar 2. 10 Tampak atas kolom dengan perkuatan *concrete jacketing*

Sumber: Arifi, dkk (2009)

Diambil 50%  $P_{n(max)}$  kolom asli yang dipakai untuk perhitungan  $P_{n(max)}$  kolom retrofit tidak mutlak rumus, diambil karena pada eksperimen pengujian diberhentikan pada saat beban puncak beton 50%. Maka rumus untuk analisis kolom refrofit adalah

$$P_{total} \text{ (max retrofit)} = 50\% [0,85 \cdot f'_c (A_{g(kolom \text{ asli})} - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}] + [0,85 \cdot f'_c (A_{g(kolom \text{ retrofit})} - A_{bambu}) + (A_{bambu} \cdot f_{tkbambu})] \dots\dots\dots(2-8)$$

### 2.6.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode *Concrete Jacketing*

Kelebihan dan kekurangan metode *concrete jacketing* adalah sebagai berikut :

#### a. Kelebihan

1. Mampu meningkatkan daktilitas struktur dan kekuatan struktur (kapasitas aksial, kapasitas lentur, dan kemampuan geser).
2. Mampu menambah kekakuan struktur.
3. Mampu meningkatkan stabilitas Struktur.
4. Biaya lebih ekonomis dibandingkan metode perkuatan lainnya.

#### b. Kekurangan

1. Ukuran menjadi lebih besar sehingga akan mengurangi ruang kosong yang ada.
2. Jika tidak diperhatikan dengan baik maka dapat menyebabkan kekakuan yang tidak merata.
3. Kemampuan kapasitas dari concrete jacketing lebih rendah dibandingkan perkuatan dengan steel jacketing, CFRP, GFRP, AFRP.

## 2.7. Teori Uji Tekan

Menurut SNI-03-2847-2002, kuat tekan yang dihasilkan oleh benda uji silinder dalam perencanaan struktur beton dinyatakan dalam satuan MPa.

### 2.7.1. Alat Uji Tekan (*Compression Test*)

Compression testing machine digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton.



Gambar 2. 11 Alat *compression test*

Sumber: Dokumentasi Penelitian

### 2.7.2. Rumus Uji Tekan

Pengujian kuat tekan biasanya digunakan benda uji silinder dan kubus. Standar yang digunakan adalah ASTM C-39 untuk benda uji silinder.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2-9)$$

Dimana,

$f'c$  = kuat tekan beton (MPa)

$P$  = beban maksimum (N)

$A$  = luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)

